

GELEIDE BESTRIJDING VAN ZIEKTEN EN PLAGEN IN WINTERTARWE M.B.V. DE COMPUTER*

door Dr. Ir. R. Rabbinge

EIPRE (EPIdemieën en PREventie) is een samenwerkingsproject voor geleide bestrijding van ziekten en plagen in tarwe. Het werkt op basis van adviezen voor individuele velden. Boeren zenden hun veldwaarnemingen naar een centrale post, alwaar men deze gegevens invoert in een databank en dagelijks actualiseert door middel van eenvoudige simulatiemodellen. Op grond van deze gegevens wordt het opbrengstverlies dat kan ontstaan berekend. Deze schadeverwachting wordt in een beslissysteem gebruikt voor 3 beslissingen: 'Bestrijdt', 'bestrijding is niet nodig' of 'doe een andere veldwaarneming'. In 1978 is EIPRE begonnen met gele roest. Sedert die tijd is het aantal ziekten en plagen in het adviessysteem toegenomen, zodat in 1981 adviezen werden gegeven voor gele en bruine roest, meeldauw, kaffesbruin, de grote graanluiz en de roos-grasluiz (Tabel 1). Voor ieder van deze ziekten en plagen werden voorspellingsmethoden ontwikkeld waarbij doorgaans gebruik werd gemaakt van verklarende simulatiemodellen, gebaseerd op een grondige kennis van vele invoerverbanden, die de populatiedynamica van ziekten en plagen bepalen.

1 INLEIDING

EIPRE is een systeem van begeleide bestrijding van ziekten en plagen in wintertarwe. De deelnemende boeren doen zelf de waarnemingen over ziekten en plagen in het gewas, op door de computer aangegeven tijdstippen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van eenvoudige, betrouwbare en weinig tijd kostende waarnemingstechnieken. De boeren zenden hun waarnemingen naar een centrale post; de gegevens worden verwerkt door de computer en vervolgens worden adviezen gegeven over het al dan niet bestrijden op zodanige wijze dat het maximale financiële resultaat wordt bereikt. Graanluizen en vijf plantenziekten zijn in dit adviessysteem opgenomen. In 1981 werd voor 6% van het Nederlandse wintertarwe areaal van het adviessysteem gebruik gemaakt.

Na de ontwikkeling van het systeem in de jaren 1978-1980 is EIPRE in 1981 voor het eerst geïntroduceerd in Zwitserland en België en in 1982 in Engeland, Zweden en Frankrijk. In Nederland is het adviessysteem dat aan de Landbouwhogeschool met behulp van boeren, voorlichtingsdienst en collega-onderzoeksinstituten werd ontwikkeld in 1981 overgedragen aan het Proefstation van de Akkerbouw en de Groenteteelt van de Vollegrond (PAGV), dat het verder verbetert en uitbreidt met adviezen voor andere teeltmaatregelen.

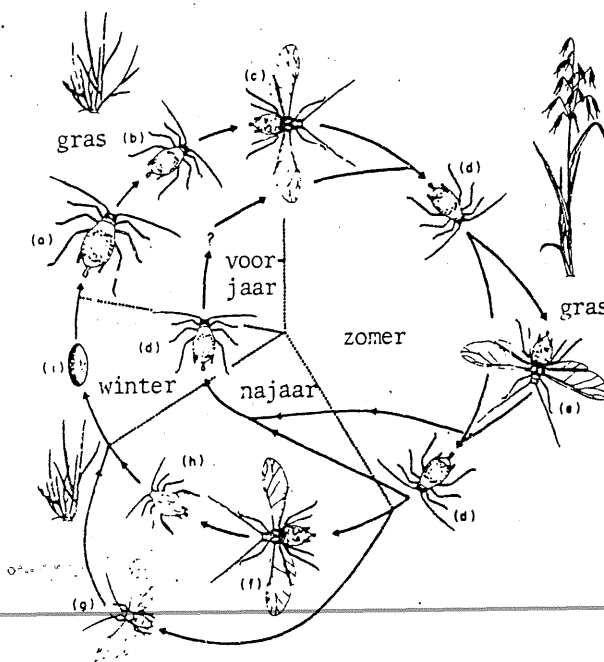
2 REDENEN MET EIPRE TE BEGINNEN

Het begin van EIPRE in 1978 werd bevorderd door de zware gele roest epidemieën in 1975 en 1977; toen werd besloten om nieuwe epidemiologische inzichten en computersimulatiemodellen te gebruiken bij de bestrijding van deze ziekte. Sedertdien is het aantal ziekten en plagen van tarwe, waarvoor adviezen worden verstrekt,

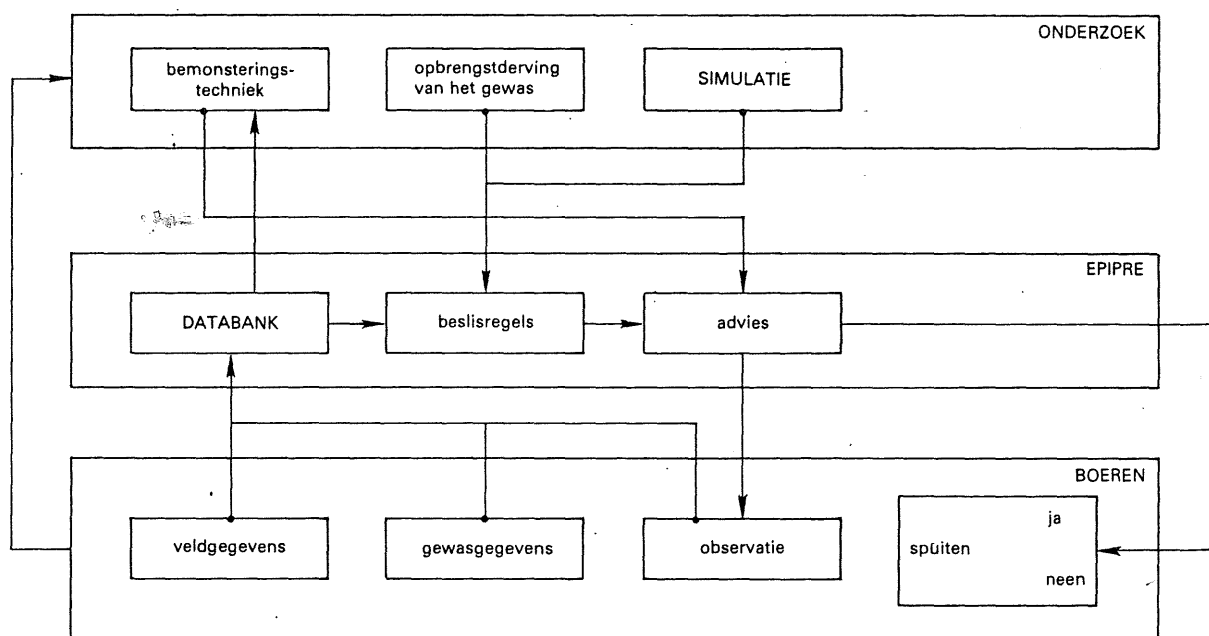
drastisch toegenomen; zodat nu een adviessysteem voor alle belangrijke ziekten en plagen in tarwe operationeel is.

De doelstellingen van het project waren de ontwikkeling, introductie en toepassing van begeleide bestrijding van ziekten en plagen in de tarweteelt, waarbij het gebruik van pesticiden wordt verminderd en de kosten/batenverhouding voor de produktie van tarwe in het algemeen verbetert.

Levenscyclus van de grote graanluiz, Sitobion avenae. (a, stammoeder (fundatrix); b, vleugelloze luizen op roos; c, emigrant; d, vleugelloze ♀♀; e, gevleugelde ♀♀; f, vrouwtje dat naar winterwaard emigreert; g, vrouwtje; h, mannetje en i, ei.



* Dit artikel is een vertaling van een bijdrage die de auteur, samen met Ir. F. H. Rijsdijk, heeft geleverd aan een door het EPPO (European Plant Protection Organization) en de WMO (World Meteorological Organization) georganiseerd symposium over waarschuwingssystemen voor plantenziekten en plagen te Genève in maart 1982.



Figuur 1. Organisatieschema voor EIPRE. Relatie tussen centrale post, boeren en onderzoeksinstellingen

De aanleiding om met het project te beginnen lag niet alleen in de landbouw. Het bewustzijn, dat aan toename van het pesticidengebruik ook gevaren zijn verbonden, en de twijfels over het rendement van routinebespuitingen, zelfs bij de huidige record-opbrengsten van 10 ton tarwe per ha, zijn nevenargumenten geweest om met dit project te beginnen. Informatie en adviezen die zijn toegesneden op de specifieke eisen en kenmerken van het individuele veld zouden behulpzaam zijn bij het realiseren van de doelstellingen. In 4 jaar tijd is het project uitgegroeid tot een begeleid bestrijdingssysteem voor alle belangrijke ziekten en plagen in wintertarwe.

EIPRE werkt op basis van individuele velden, en geeft daartoe toegesneden informatie. De kern van het systeem is de databank en de daaraan gekoppelde computeradministratie (Figuur 1). Deze databank bevat de specifieke informatie van ieder veld, zoals plaats, zaaitijd, cultivar (tarweras), enige grondkarakteristieken, herbicide en groeiregulatortoepassing en stikstofbemesting. Deze informatie per veld wordt in de computer opgeslagen en elke nieuwe informatie van de boer wordt geactualiseerd. Een beslissingsprocedure voor iedere ziekte afzonderlijk en in combinatie leidt tot de volgende mogelijke aanbevelingen:

- 1) Doe nog een andere waarneming over X dagen.
- 2) Voer een bestrijding uit met een nader omschreven bestrijdingsmiddel, gericht tegen een bepaalde ziekte binnen een bepaalde periode.
- 3) Voer in het geheel geen bestrijding uit.

In Figuur 2 wordt de structuur van de databank gegeven. Drie verschillende rangschikkingen van de gegevens (data) worden onderscheiden:

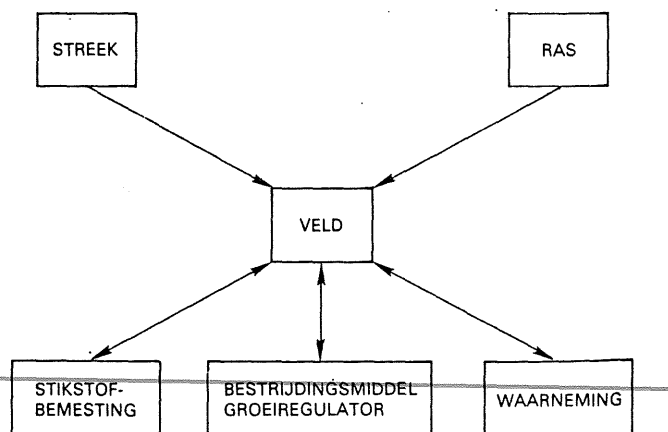
- 1) Een 'record' voor de regio, dat alle velden in een bepaalde regio bevat, waardoor overzichten van de ziektesituatie in een bepaalde regio kunnen worden vervaardigd;
- 2) een 'record' per cultivar waardoor overzichten per cultivar kunnen worden vervaardigd waarbij

- 3) ook de vatbaarheid kan worden ingebracht; een 'record' per veld, waardoor een totaaloverzicht van alle activiteiten per veld kan worden vervaardigd.

De veld-'records' zijn met elkaar verbonden en bevatten behalve informatie over stikstofbemesting, toepassing groeiregulatoren en pesticiden, waarnemingen door de boer over ziekten en plagen, ook informatie over het ontwikkelingsstadium van het gewas en aanbevelingen welke al gegeven zijn.

Daar de boeren zelf de waarnemingen verrichten over gewasontwikkeling en ziekte en plaagsymptomen, moeten de waarnemingsmethoden eenvoudig, betrouwbaar en niet te tijdrovend zijn. Bovendien wordt precies aangegeven wanneer waarnemingen verricht moeten worden. De deelnemende boeren ontvangen illustratiemateriaal waarin de ziekte en plaagsymptomen worden getoond, en krijgen veldinstructies. De waarnemingstechniek is voor alle ziekten en plagen hetzelfde, er wordt gebruik gemaakt van z.g. incidentie bepalingen. Niet het

Figuur 2. Schema voor de databank van EIPRE (zie tekst)



aantal symptomen of schadeverwekkers per plant wordt bepaald, maar alleen het al of niet voorkomen van ziektesymptomen per halm wordt vastgesteld. Met behulp van gedetailleerde analyses en informatie, in de computerprogramma's opgenomen, wordt dit gegeven dan omgezet naar een gemiddeld aantal per halm.

De communicatie met de boeren vindt plaats door middel van de post (de tijd tussen het verzenden van een kaart met waarnemingen van de boer en de ontvangst van het computeradvies duurt nooit meer dan 4 dagen). Wanneer een sneller antwoord/advies nodig is wordt het advies telefonisch verstrekt.

3 BESLIJPROCEDURE

De aanbevelingen door het centrale computersysteem zijn gebaseerd op een beslispcedure die de waarneming van de boer als schatting van de initiële dichtheid of ziekteaantasting gebruikt. Om de ziekteaantasting na een bepaalde tijd te weten, de z.g. prognosetijd, wordt de aantastingsgraad na een aantal dagen berekend met een samenvattende rekenregel waarin exponentiële groei wordt aangenomen.

$$X_t = X_0 e^{rt}$$

X_0 is de ziekteaantasting op tijdstip van waarneming, en X_t is de verwachte ziekte-aantasting na een prognose periode t . Deze aanname is alleen juist als de aantastingspercentages, d.w.z. blad bedekt met symptomen, laag zijn (< 0.05), wanneer er geen beperkingen voor groei bestaan en wanneer de prognoseperiode kort is. De lengte van deze prognose periode (t) hangt af van het gewasontwikkelingsstadium. De relatieve groeisnelheid (r) van de ziekte hangt af van het ontwikkelingsstadium van het gewas, cultivar, voedseltoestand, grondconditie, toepassing groeiregulators e.d.

Simulatiestudies over de populatiedynamica van de ziekten en plagen hebben de basis gelegd voor deze eenvoudige beslismodellen. Doordat de relatieve groeisnelheid van de ziekte en de prognoseperiode afhankelijk zijn gemaakt van het gewasontwikkelingsstadium, zijn veranderende weersomstandigheden, voornamelijk temperatuur, indirect in het beslismodel geïntroduceerd.

4 VOORSPELLING OOGSTDERVING

Met de berekende te verwachten ziekteaantasting na een prognoseperiode wordt een oogstverlies voor iedere ziekte en plaag berekend. De relatie tussen ziekteniveau (aantastingsniveau) en oogstverlies is dikwijls een S-vormige curve, omdat bij een lage aantasting geen verlies optreedt, en bij een hoge aantasting het verlies stabiliseert. Voor het nemen van beslissingen over bestrijding is alleen het eerste begin van de curve van belang, want een hoge aantasting zal resulteren in een rampzalig oogstverlies. Wanneer het voorspelde oogstverlies hoger is dan de economische drempelwaarde (dit is de dichtheid van de ziekteverwekker waarbij de bestrijdingskosten even hoog zijn als de verwachte schade) is een bestrijding noodzakelijk. Wanneer combinaties van bestrijdingsactiviteiten mogelijk zijn wordt de schadedrempel verlaagd. Doorgaans wordt de verwachte schade berekend als een percentage van de oogstverwachting. De verwachte eindoogst (oogstverwachting) is gebaseerd op

1978	<i>Puccinia striiformis</i> Westend.	400 velden
1979	<i>P. striiformis</i> <i>Erysiphe graminis</i> DC. ex Mérat <i>Sitobion avenae</i> F.	450 velden
1980	<i>P. striiformis</i> <i>E. graminis</i> <i>Puccinia recondita</i> Rob. <i>S. avenae</i> <i>Metopolophium dirhodum</i> (Wlk.)	840 velden
1981	<i>P. striiformis</i> <i>E. graminis</i> <i>P. recondita</i> <i>Septoria</i> spp. <i>S. avenae</i> <i>M. dirhodum</i>	1155 velden

Tabel 1. Ziekten en plagen in het EPIPARE-systeem in opeenvolgende jaren

een schatting van de boer, vroeg in het seizoen, en op ervaring met de groei van tarwe in de streek. De relatie tussen ziekteaantasting en percentage oogstverlies wordt beïnvloed door het ontwikkelingsstadium van het gewas. Op die manier wordt de verandering in gevoeligheid en het effect van de potentiële produktie van een gewas op het effect van een ziekte geïntroduceerd.

Voor de graanluizen zijn deze berekeningen iets afwijkend. In dat geval wordt de dichtheid van de luizen in de piek berekend, en gebruikt om het verwachte oogstverlies te berekenen op grond van oogstverwachting en groeiomstandigheden. Bij graanluizen is gedemonstreerd dat het effect op de opbrengst progressief is met het opbrengstniveau. Een bladluizendichtheid van 15 bladluizen per halm tijdens de piek van de populatiedichtheid veroorzaakt bij een produktieniveau van 5000 kg tarwe/ha een schade van 250 kg tarwe/ha, terwijl dezelfde dichtheid bij een opbrengstniveau van 7500 kg tarwe/ha een verlies van 1000 kg tarwe/ha veroorzaakt (Mantel et al., 1982). Daardoor is bestrijding van graanluizen bij hoge opbrengstniveaus veel belangrijker dan bij lage opbrengstniveaus. In gedetailleerde simulatiestudies is de gewasfysiologische achtergrond van deze progressieve schaderelaties aangetoond.

5 BASIS VOOR DE BESLIJPROCEDURE

De beslispcedure in EPIPARE is gebaseerd op gedetailleerde simulatiestudies van de populatiedynamica van de ziekten en plagen. Om dit te illustreren wordt de wijze waarop graanluizen behandeld worden, besproken. Tabel 2 toont de verschillende stappen die in simulatiestudies worden doorlopen.

De eerste stap, definitie van de doelstellingen van de studie, betreft in dit geval de analyse van de oorzaak en achtergronden van de populatiedynamica van de graanluizen. Om de studie in omvang te beperken worden alleen de graanluizen beschouwd als ze in het graanveld aanwezig zijn (stap 2). De levenscyclus van de graanluizen op andere waardplanten wordt dus niet bekeken. Overwintering en immigratie van de graanluizen naar de tarwewelden wordt daarom niet bestudeerd, maar alleen de

Tabel 2. Voorbeeld van een simulatiemodel van luizenpopulaties

Simulatie-stappen	Toepassing bij grote graanluis
1. Formulering van de doelstelling	Verklaar en voorspel de populatiedynamica
2. Definitie van de grenzen van het systeem	1 veld wintertarwe van circa 10 ha.
3. Geef de relaties binnen het systeem (toestandsv variabelen, snelheidsvariabelen, hulpvariabelen, sturende variabelen)	relatie diagrammen
4. Kwantificering van relaties	experimenten en literatuur
5. Verificatie	vergelijk model-output met gegevens van 1976 en 1977 op één locatie.
6. Validatie	test het model op diverse locaties in verschillende jaren
7. Gevoeligheidsanalyses	ga het relatieve belang van diverse relaties na, b.v. temperatuur
8. Vereenvoudiging	Vereenvoudigd model, exponentiële groei afhankelijk van fysiologische gegevens

populatiedynamica van de graanluizen vanaf het ogenblik dat ze in het veld verschijnen.

Om de aantallen in het veld te kennen zijn betrouwbare en eenvoudige bemonsteringstechnieken, die ook door leken kunnen worden gebruikt, ontwikkeld (Rabbinge en Mantel, 1981). Deze resulteerden in een incidentiebepaling, zodat gedetailleerde tellingen achterwege kunnen blijven. De lineariteit van de relatie tussen de probit-waarde van het bezettingspercentage en de logaritme van het gemiddelde aantal luizen per halm berust op de sterk geclusterde verdeling van deze dieren in het veld als de dichtheden laag zijn. Van deze getransformeerde relatie wordt uitgebreid gebruik gemaakt om uit het bezettingspercentage het gemiddelde aantal bladluizen per halm te bepalen.

In de Nederlandse graanvelden verschijnen de eerste graanluizen in mei, als in de tarwe de aarzwelling net begint. Vanaf de komst van de eerste immigranten neemt het aantal langzaam toe. Tijdens de bloei zijn er al aanzienlijke aantallen graanluizen, die nog blijven toenemen, niet als gevolg van immigratie, maar wel als gevolg van de reproductie door eerder in het veld verschenen 'moeder-luizen'. Vrijwel altijd blijkt de piekdichtheid van de graanluizen op te treden bij het gewasontwikkelingsstadium 'laat melk-rijp'. Hoewel het beeld van het populatieverloop van de graanluizen van veld tot veld en van seizoen tot seizoen verschilt, is er toch een algemeen beeld te onderscheiden, dat met de simulatiemodellen voor het populatieverloop kan worden verklaard. De oorzaak van het typische populatieverloop ligt voornamelijk in het effect van de gewasontwikkeling op de vleugelvorming bij de graanluizen, en als neven-factoren voedselconditie van de waardplant, natuurlijke vijanden zoals parasieten en predatoren en bladluispathogenen (stap 3 en 4).

Met de simulatiemodellen konden gedetailleerde veld-waarnemingen van graanluizen in diverse delen van Europa worden doorgerekend (Carter et al., 1982, Rabbinge et al., 1979) en konden toetsen worden uitgevoerd over het effect van verstoringen (stap 5 en 6).

Gevoeligheidsanalyses met deze getoetste modellen toonden aan dat het effect van de natuurlijke vijanden op de toename van de populatieaantallen gering is, en dat het effect van veranderingen in de omgevingsfactoren eveneens relatief onbelangrijk is. Wanneer de temperatuur gedurende de korrelvulling hoger is dan normaal (voor Nederlandse omstandigheden) is de gewasontwikkeling sneller dan normaal en bereikt de populatiegroei een verdubbelingstijd van 2-3 dagen. Desondanks is de populatiepiek niet hoger; omdat de emigratie ook eerder begint, daar de gewastoestand als voedselbron door de snelle gewasontwikkeling snel verandert. Koel weer heeft daarentegen een verlenging van de korrelvullingsperiode tot gevolg, en bevordert hoge opbrengst, maar eveneens een meer dan evenredige uitbreiding van de populatiegroei van de graanluizen en dus hogere piekdichtheden (stap 7).

De beschouwingen over graanluizen hadden tot nu toe alleen betrekking op de graanluizen in het algemeen, zonder de soort te noemen. Er komen evenwel twee belangrijke graanluizensoorten voor op tarwe die wat betreft hun levenscyclus en ook wat betreft de frequentie van hun aanwezigheid grote verschillen kunnen vertonen. De eenhuizige grote graanluis komt het meest voor en veroorzaakt in Nederland de meeste schade; maar het beeld van de andere soort, de roos-grasluis is wat betreft het populatieverloop niet sterk verschillend (Ankersmit en Carter, 1981), zodat dezelfde modellen, behoudens enige parameterwijzigingen voor beide soorten, kunnen worden gebruikt (stap 8). Op grond van de gevoeligheidsanalyse met de verklarende simulatiemodellen zijn

zogenaamde samenvattende modellen ontwikkeld die nu in het adviesstelsel worden gebruikt. In deze samenvattende modellen is de sterke koppeling van het populatieverloop aan het gewasontwikkelingsstadium benut en wordt het effect van natuurlijke vijanden op het verloop van de bladluizen in de tijd voorlopig verwaarloosd. Alleen als betere biologische bestrijdingsmethoden beschikbaar komen zullen deze effecten wel weer worden geïntroduceerd.

6 RESULTATEN VAN EIPPRE

Het EIPPRE-systeem is sinds 1978 in Nederland geïntroduceerd en ontwikkeld. Het aantal deelnemende velden bedroeg in het begin zo'n 400, en sedert 1981 meer dan 1000. Ongeveer 10% van de Nederlandse tarwevelden doet direct mee, maar er is een duidelijke beïnvloeding van de omgeving. Het aangeboden adviespakket is voor wat betreft de ziekten en plagen in tarwe vrij compleet, maar bevat nog geen onkruidbestrijdingsadviezen of adviezen over N-bemesting (tijd en hoeveelheid).

Het populatieverloop kan voor ieder van de ziekten en plagen verschillen, zodat er een goede analyse en simulatiestudie voor ieder van de ziekten en plagen nodig is teneinde het adviesstelsel betrouwbaar te maken. Daartoe zijn voor ieder der ziekten modellen ontwikkeld, die inmiddels, in sommige gevallen misschien te vroeg, worden gebruikt.

Gedurende de jaren van ervaring met EIPPRE is het vertrouwen in de adviezen gegroeid. In 1980 werd 38% volledig volgens het advies behandeld, en in 1981 bedroeg dit 54%. De terughoudendheid bij boeren om de EIPPRE-adviezen op te volgen wordt wellicht veroorzaakt door de geadviseerde zeer lage spuitfrequentie, die significant verschilt van de adviezen uit andere bronnen zoals de reguliere landbouwvoorlichtingsdienst en de chemische industrie. Hoewel het systeem natuurlijk nimmer een 100% score zal halen is de toename in acceptatie van de adviezen een gunstig verschijnsel. Een vergelijking van boeren die wel of niet aan EIPPRE mee doen toont aan dat de deelnemende boeren significant minder spuiten, zonder dat dit een vermindering van de netto-opbrengst tot gevolg heeft (Tabel 3). Integendeel, de netto opbrengst is vaak een klein beetje hoger. Boeren met lage opbrengstniveaus zijn meer geneigd de adviezen van het systeem te volgen dan boeren met hoge opbrengstniveaus.

De ziekte en plaagsituatie varieert in verschillende jaren. In 1978, 1979 en 1980 waren er vrijwel geen belangrijke ziekten, alleen de graanluizen waren in 1979 talrijk. In 1981 had een groot aantal velden te lijden van meeldauwaantasting en bladluizen, hoofdzakelijk de grote graanluis. In 1981 en 1982 was kafjesbruin een veel voorkomende ziekte, vooral na de bloei, evenals graanluizen.

7 DISCUSSIE

Hoewel EIPPRE nog maar een korte geschiedenis heeft, blijkt erg duidelijk dat er vraag is naar een begeleide ziekte- en plaagbestrijding van wintertarwe. Dit systeem, of liever informatie-infrastructuur, stelt de wetenschapper in staat zijn kennis en inzichten onmiddellijk aan de boer door te geven. Deze kan deze informatie gebruiken voor het nemen van beslissingen over ziekte- en plaagbestrijding. Verandering in rassen, landbouwkun-

Tabel 3. Vergelijking tussen netto-opbrengst van velden volgens EIPPRE-advies en velden met 'meer dan EIPPRE' behandeld in 1981

Opbrengsten	< 6 ton ha ⁻¹	6-8 ton ha ⁻¹	> 8 ton ha ⁻¹
Netto-opbrengst EIPPRE	5.34	6.90	8.16
Netto-opbrengst 'meer dan EIPPRE'	4.93	6.77	8.13
Kosten behandeling EIPPRE ton ha ⁻¹	0.15	0.23	0.31
Kosten behandeling 'meer dan EIPPRE' ton ha ⁻¹	0.45	0.41	0.45
% velden behandeld volgens EIPPRE	75	57	41
Aantal velden	69	524	283

dige methoden, vatbaarheid en virulentie kunnen onmiddellijk in het stelsel van adviezen en beslisregels worden geïntroduceerd. Het voordeel van EIPPRE voor de boer is de directe band met onderzoek en de herinneringen om hun tarwevelden op een aangegeven wijze en tijd te bemonsteren. Voor de onderzoekers heeft dit als voordeel dat nieuwe problemen die in het veld optreden onmiddellijk in onderzoeksvragen kunnen worden vertaald en beantwoord.

Voor de landbouw in z'n geheel heeft de geleide bestrijding het voordeel van minder pesticiden-gebruik, en een afname van het risico op resistentieontwikkeling van schimmels en insecten tegen pesticiden. In de nabije toekomst zal het systeem worden uitgebreid met adviezen voor stikstofbemesting, onkruidbestrijding en andere landbouwkundige maatregelen.

Het systeem wordt nu centraal gedraaid op de grote computer van de Landbouwhogeschool, waarin de gegevens van de velden zijn opgeslagen. Een software-pakket van EIPPRE voor microcomputers is evenwel al ontwikkeld, en kan door boeren individueel of in groepen op hun eigen computer worden gedraaid.

De rol van meteorologische gegevens in het EIPPRE-adviesstelsel is nu nog beperkt, omdat de herhaalde waarnemingen en de introductie van het gewasontwikkelingsstadium dit niet nodig maken. Wanneer voor een aantal ziekten, zoals kafjesbruin, dit toch nodig mocht zijn, kan dit geschieden door de computer te koppelen aan de centrale computer van het KNMI, zodat regiospecifieke weergegevens kunnen worden geïntroduceerd. Als microcomputers worden gebruikt kan een daartoe te ontwikkelen gebruikersvriendelijk microweerstation aan deze microcomputer worden gekoppeld. Op deze wijze kan het adviesstelsel worden toegesneden naar de specifieke eisen en wensen van het individuele veld en de individuele boer. De elders werkende adviesstelsels, die kennis-intensief zijn, kunnen bijdragen aan het stre-

ven naar een landbouw die zuinig omspringt met energie en grondstoffen, en zowel qua kg opbrengst als opbrengst in guldens een zeer hoog rendement bereikt.

LITERATUUR

Ankersmit, G. W. & Carter, N. (1981). Comparison of the epidemiology of *Metopolophium dirhodum* and *Sitobion avenae* on winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 87: 71-81.

Carter, N., Rabbinge, R. & Dixon, A. F. G. (1982). *Cereal aphid populations: biology, simulation and prediction*. Pudoc, Wageningen, Netherlands, 91 pp.

Mantel, W. P., Rabbinge, R. & Sinke, J. (1982). Effects on leaf aphids on winter wheat yields. *Gewasbescherming* 13 (6), p. 115-124.

Rabbinge, R., Ankersmit, G. W. & Pak, G. A. (1979). Epidemiology and simulation of population development of *Sitobion avenae* in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 85: 197-220.

Rabbinge, R. & Mantel, W. P. (1981). Monitoring for cereal aphids in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 87: 25-29.

